

불포화 폴리에스테르 레진 모르타르의 수축저감 및 강도특성에 관한 연구

A study on the Shrinkage Reduction and Strengths of Unsaturated Polyester Mortar

최 낙 언^{*} 최 길 섭^{**} 김완 기^{***} 조 영 국^{***} 소 양 섭^{****}
Choi, Nag Un Choi, Gil Seob Kim, Wan Ki Jo, Young Kug Soh, Yang Seob

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effects of added expanded polystyrene on the basic properties of UP mortar. Polyester resin mortars are prepared with expanded polystyrene ratio in styrene monomer (EPS/PS), and the ratio of total polystyrene resin to UP resin (PS/UP). And it is tested for viscosity of UP resin added PS resin, slump-flow test, working life, flexural and compressive strengths, and curing shrinkage test.

From the test result, Viscosity of resin for polymer mortar increases with increasing PS content. Curing shrinkage of UP mortar is considerably smaller than that of plain UP mortar, nevertheless, reduction in the strengths is not recognized according to adding PS resin. In this study, we can obtain the optimum mix proportions of polymer mortar using PS resin.

1. 서론

불포화 폴리에스테르 수지를 결합재로 한 폴리머 모르타르, 또는 콘크리트는 그 역학적 성질 및 내구성, 내약품성등이 우수하기 때문에 바닥재, 포장보수재, 방식라이닝재, 접착제, 프리캐스트제품 등 건설재료로서의 응용이 이루어지고 있다.¹⁾ 그러나 일반적으로 불포화 폴리에스테르 모르타르, 또는 콘크리트의 경화수축은 매우 커서 매트릭스 내부에 균열이나 내부응력을 발생시켜 접착불량이나 치수 불안정과 같은 문제점을 초래할 수 있다. 그래서 현재 UP 생산업체 및 학계에서 이 경화수축을 방지하기 위한 수단이 연구되어지고 있으나 뚜렷한 성과를 거두지 못하고 있으며, 특히 상온경화용 저수축 UP의 개발은 난제로 남아있는 실정이다. 경화수축 방지의 수단에는 무기질 충전제, 열가소성 수지의 혼입·가열경화등의 방법이 있다. 열가소성 수지의 혼입은 폴리에스테르 중에 미 분산(약 0.5μ)상태로 존재하는 열가소성 수지가, 경화 시 팽창 및 충전작용을 일으켜 폴리에스테르의 경화에 수반한 수축을 보완하는 작용을 이용하는 것이다.²⁾

본 연구는 열경화성인 불포화폴리에스테르 수지에 열가소성인 스티렌 수지를 혼합하여 사용함으로써 불포화폴리에스테르 수지의 경화기구 중 스티렌 수지가 수축보완 효과를 일으켜 UP모르타르

* 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정
** 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정
*** 정회원, 전북대학교 건축공학과 강사
**** 정회원, 청운대학교 건축공학과 교수
***** 정회원, 전북대학교 건축도시공학부 교수, 공업기술연구소

의 경화수축을 저감시킬 수 있다는 가능성을 확인하고자 실시하였으며 그에 따르는 다른 역학적 성질의 변화를 함께 검토하고자 하였다. 또한 여기서 사용된 스티렌 수지는 페 발포 폴리스티렌을 스티렌 모노머에 액화시킨 것으로서 자원재활용의 측면에도 그 의의를 두고 있다.

2. 사용재료

2.1 결합재

결합재는 일반성형용 오르토프탈산염계(Orthophthalate Type) 불포화 폴리에스테르(Unsaturated Polyester:UP) 수지를 사용하였으며 그 성질은 표 1과 같다.

표 1 불포화 폴리에스테르수지의 성질

Specific gravity (20℃)	acid value	Viscosity (20m℃,Pa·s)	Gel time (min.)
1.12±0.02	23±4	125	12.4

2.2 용제

용제는 99.0%의 스티렌 모노머(Styrene Monomer:SM, 비중 0,906)를 사용하여 스티로폴을 용해 시켰다.

2.3 촉매

촉매는 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Keton Peroxide : MEKPO)를 사용하였다.

2.4 충전재 및 골재

충전재는 중질탄산칼슘(CaCO₃)을, 골재는 주문진산 표준사(Standard Sand)를 사용하였다. 표 2는 중질탄산칼슘의 일반적인 성질을 나타냈다.

표 2 중질탄산칼슘의 성질

Specific gravity	Unit weight (t/m ³)	Surface area (cm ² /g)	Water content (%)
2.7	0.984	2.500	≤0.1

2.5 발포 폴리스티렌

발포 폴리스티렌(Expanded Polystyrene: EPS, 밀도:15kg/m³)은 건설폐기물로 발생하는 건축용 단열재를 사용하였다.

3 실험방법

3.1 공시체의 제작 및 양생방법

본 연구에서 폴리머 모르타르의 배합은 표 3과 같이 결합재비를 16%, 충전재비를 결합재의 100%인

16%, 그리고 골재비를 68%로 하였고 폴리스티렌 수지(PS)의 첨가비를 결합재(UP)에 대하여 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 변화시켰다. 스티로폴의 용해는 70℃ 향온수조에서 실시하였으며 EPS/PS 는 0%, 10%, 20%, 30%, 50%로 하였다. 압축강도 및 휨강도 시험은 40×40×160mm , 경화수축 시험은 75×100×400mm 의 금형물도를 각각 사용하였으며 공시체 제작 후 소정의 기간동안 기중양생(20℃, 50%RH)을 실시하였다. 여기서 촉매는 결합재량의 1%를 사용하였다. 그림 1은 본 실험의 공시체 제작과정을 나타냈다.

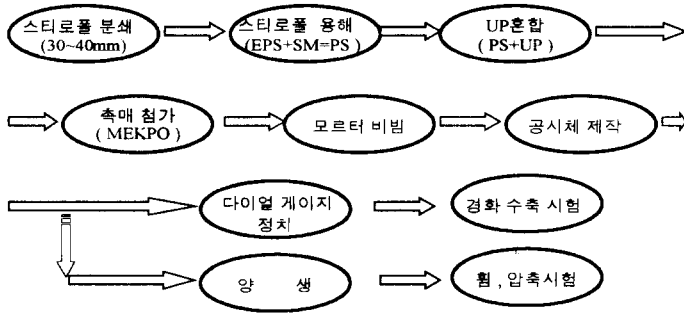


그림 1. 공시체 제작 과정

표.3 폴리머 모르타르의 배합표

[PS/UP] (wt,%)	[EPS/PS] (wt,%)	Binder (UP) (wt,%)	Filler (wt,%)	Aggregate (wt,%)
0	0	16	16	68
10	0			
	10			
	20			
	30			
	50			
20	0			
	10			
	20			
	30			
	50			
30	0			
	10			
	20			
	30			
	50			
40	0			
	10			
	20			
	30			
	50			
50	0			
	10			
	20			
	30			
	50			

3.2 수지의 점도측정

폴리스티렌 수지를 첨가한 폴리에스테르수지의 점도를 브룩필드 점도계를 사용하여 측정하였다. 측정 시 수지온도는 20℃ 향온상태로 실시하였다.

3.3 슬럼프-플로우 시험

슬럼프 시험은 KS F 2474(폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험방법)에 준하여 실시하였고, 동시에 플로우 값도 측정하였다.

3.4 사용가능시간 측정

UP모르타르의 사용가능시간은 KS F 2484(폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용가능시간 측정방법, 촉감법)에 준하여 양생온도 20℃에서 실시하였다.

3.5 휨 및 압축강도 시험

휨강도 시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법), 압축강도 시험은 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 실시하였으며, 압축강도 시험은 휨강도 시험 후 그 절편을 사용하였다

3.6 경화수축 시험

공시체의 경화에 의한 수축율은 75×100×400mm 공시체의 양단 중앙부에 다이얼게이지를 사용한 길이변화율로써 측정하였다. 경화수축율은 촉매(MEKPO)를 결합재에 혼입 할 때 부터 측정하여 경화에 의한 수축의 변화가 거의 없는 40시간까지 매시간 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 수지의 점도

UP수지는 용도에 따라 화학적 증점법을 이용하여 점도를 증가시키기도 하고 수지의 분자량 조절이나 희석제의 첨가를 통해 점도를 감소시키기도 하는데, 건설재료로서의 폴리머 모르타르를 개발하는데 있어서는 양호한 시공성을 갖는 저점도의 수지가 필요하므로 시판되는 UP수지에는 점도를 낮추기 위해 반응성 희석제인 스티렌모노머가 30~40%정도 함유되어 있다. 그러나 스티렌모노머의 과다한 첨가는 강도에 영향을 미치므로 그 첨가량의 적절한 조정이 필요하다.

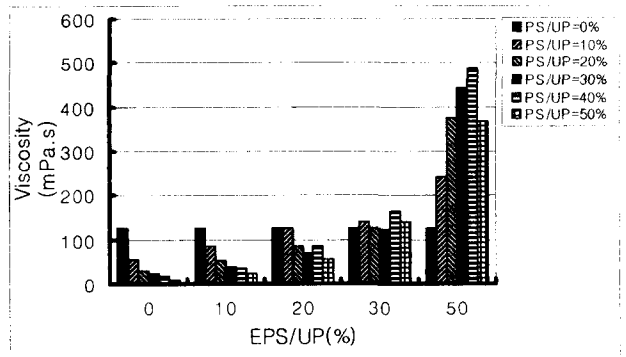


그림2. EPS/PS비 및PS/UP비에 따른 결합재의 점도

그림 2는 EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 결합재의 점도를 나타내고 있다. 수지의 점도는 EPS/PS비가 증가함에 따라 소폭으로 증가하였으며 특히 EPS/PS비가 50%일 때는 높은 점도를 나타내었다. PS/UP비의 증가에 따른 영향은 EPS/PS비가 30%이하인 저농도 PS수지에서는 감소하는 경향을 보였으나 EPS/PS비가 그 이상이 될 경우에는 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

4.2 슬럼프-플로우

그림 3은 UP모르타르의 슬럼프를, 그림 4는 플로우를 측정한 결과이다. UP모르타르의 슬럼프 및 플로우는 EPS/PS비에 따라서는 거의 변화가 없었고 PS/UP비에 따른 영향을 크게 받는 것으로 나타났는데 앞의 점도 측정의 결과에서와는 달리 EPS/PS비 30% 이상에서도 PS/UP비가 증가함에 따라서

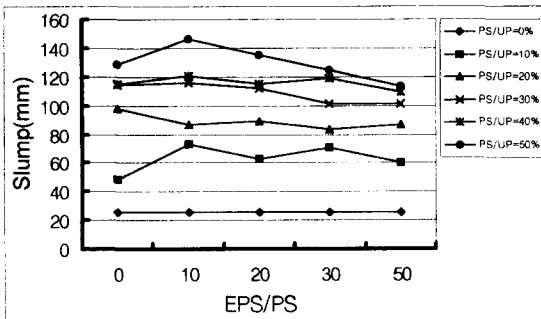


그림3. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 슬럼프

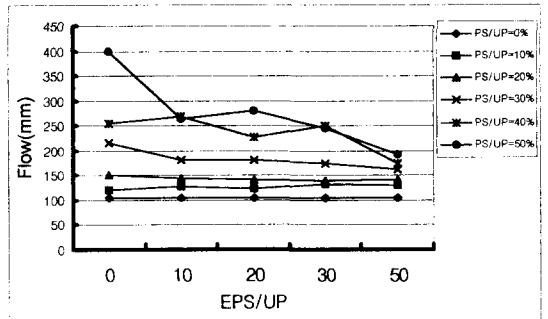


그림4. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 플로우

슬럼프-플로우값이 증가하는 경향을 나타낸 것은 모르타르의 유동성을 좌우하는 수지의 상대적인 량 (UP+PS)이 증가했기 때문으로 사료된다.

4.3 UP모르타르의 사용가능시간

UP모르타르 및 콘크리트의 사용가능시간은 수지의 조성, 양생온도, 개시제·촉진제의 종류 및 사용량에 의해서 크게 변화된다. 따라서 이들 조건을 변화시켜 작업가능시간을 조정 할 수 있는데 보통 10분~60분 사이에서 사용되고 있다.²⁾ 그림 5는 EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 사용가능시간 변화를 측정된 것이다. 그림 4에서와 같이 모르타르의 작업가능시간은 PS/UP비의 증가, 즉 결합재 안의 스티렌모노머 양이 증가함에 따라서는 길어지는 것으로 나타났으나 EPS/PS비의 증가에 따라서는 소폭으로 단축되는 경향을 보였다.

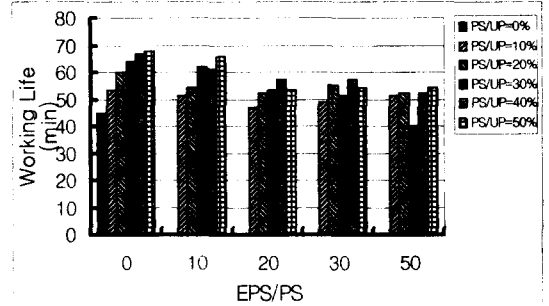


그림5. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 사용가능시간

4.4 UP모르타르의 압축강도

그림 6은 EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 UP모르타르의 압축강도를 나타낸 것이다. 보통 UP모르타르 및 콘크리트의 압축강도는 결합재 함유율에 의해서 크게 좌우되며 결합재내의 반응성 희석제 함유율에 의해서도 영향을 받는다. 본 실험에서는 EPS/PS비의 증감에 따른 압축강도의 변화는 매우 적은 것으로 나타났으며 PS/UP비의 증가, 즉 결합재(UP)에 첨가되는 PS의 양이 증가됨에 따라서는 압축강도가 소폭으로 감소되는 것으로 나타났다. 특히 PS/UP비가 40% 이상이 될 때는 그 감소의 폭이 큰 것으로 나타났다. 이것은 열가소성 수지인 스티렌모노머의 잉여중합물이 경화체내에 섞여 있기 때문이며, 또한 UP모르타르의 강도를 지배할 수 있는 UP의 상대적인 양이 감소되었기 때문인 것으로 생각된다.

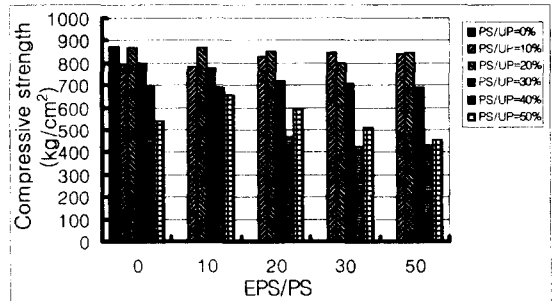


그림6. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 압축강도

4.5 UP모르타르의 휨강도

그림 7는 EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 UP모르타르의 휨강도를 나타낸 것이다. UP모르타르의 휨강도는 전술한 압축강도와 유사한 경향을 나타냈다. UP모르타르의 휨강도 또한 EPS/PS비에 따른 변화는 적었으며, PS/UP비 증가에 따라 소폭의 강도감소현상을 보였는데, 특히 PS/UP비가 40% 이상이 될 때는 그 감소의 폭이 큰 것으로 나타났다.

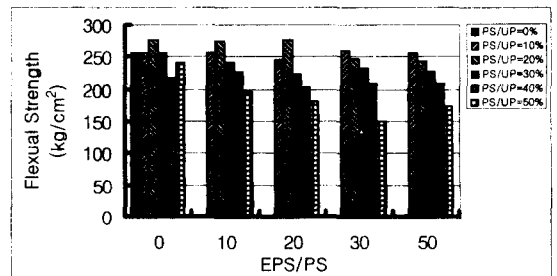


그림7. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 휨강도

4.6 UP모르타르의 경화수축

그림 8은 UP모르타르의 EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 경화수축율을 나타내고 있다. 플레인 모르타르의 경화수축률은 54.5×10^{-4} 이었으나 스티로폴 용해액의 첨가량이 증가함에 따라서 현저한 수축감소 효과를 보였는데 최고 13.62×10^{-4} 의 수축률이라는 수축감소 효과를 얻을 수 있었다. 이는 UP 경화과정 중의 발열에 의해 스티렌 수지가 팽창하여 수축보완 작용을 한 것으로 보여진다. EPS/PS

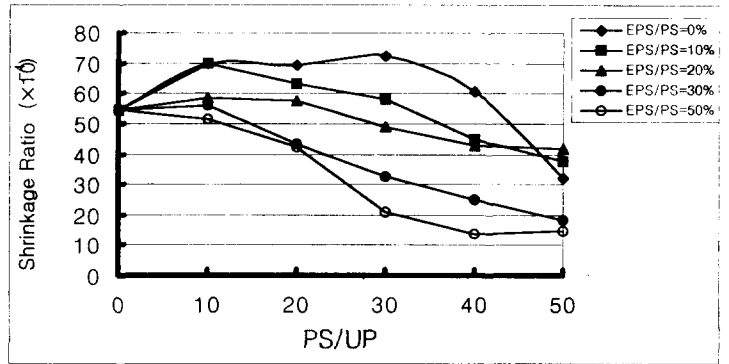


그림 8. EPS/PS비 및 PS/UP비에 따른 경화수축률

비 변화가 수축에 미치는 영향은 PS/UP비 30%~40%일 때 가장 컸으며 PS/UP비의 증가에 따른 수축감소효과는 EPS/PS비 30%이상일 때 현저하게 나타남을 알 수 있다.

5. 결론

불포화 폴리에스테르 레진 모르타르의 수축저감 및 강도특성에 관한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 폴리스티렌수지를 혼입한 불포화 폴리에스테르수지의 점도 측정결과 EPS/PS비가 증가함에 따라 점도가 증가하는 것으로 나타났으나 EPS/PS비가 30%이하 일 때는 원래의 UP 수지보다 점도가 현저하게 낮아지므로 양호한 시공성을 갖는 결합재의 제조가 가능하다.
- 2) PS수지를 혼입한 UP 모르타르의 사용가능 시간은 45~65분 사이의 안정된 분포를 보였다.
- 3) UP모르타르의 휨 및 압축강도는 EPS/PS비보다는 PS/UP비에 따른 영향이 크게 나타났으며 PS/UP비의 증가에 따라 감소현상을 보였으나 PS/UP비 30%이하에서는 그 정도가 미비하였다.
- 4) EPS/PS비가 10% 이상, PS/UP비가 20% 이상으로 갈수록 경화수축율은 보통 UP모르타르에 비해 현저하게 줄어들었다.
- 5) 적절한 시공성과 휨 및 압축강도 특성 그리고 경화수축율의 종합적인 검토 결과 본 실험에서는 EPS/PS비 30%, PS/UP비 30% 일 때가 최적의 배합 조건인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. S. Chandra and Y. Ohama, Polymer in Concrete, CRC Press, Tokyo, pp.198~193. 1994
2. 大阪市立工業研究所・日本플라스틱技術協會 共編, 最新 플라스틱技術, 78~85 pp.78, 1998
3. Guide for Polymer Concrete Overlays, and Standard Specification for Latex-Modified Concrete practice, part 5, Reported by ACI Committee 548.